

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Katedra částí a mechanismů strojů**

**Návrh opravy transferového nástroje**

**Project of a Transfer Tool Overhauling**

Student:

Martin Starůstka

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.

OSTRAVA 2011

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Martin Starůstka**

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R010 Konstrukce strojů a zařízení

Specializace:

40 Konstrukce strojních dílů a skupin

Téma:

Návrh opravy transferového nástroje  
Project of a Transfer Tool Overhauling

Zásady pro vypracování:

Vypracujte konstrukční návrh opravy transferového nástroje dle zadaných podmínek. Zpracujte:

- úvod s popisem problému, stávající stav, důvody změny (opravy)
- koncept navrhovaného řešení
- základní návrhové a kontrolní výpočty
- výkresovou dokumentaci (min. sestavný výkres a vybraný výrobní výkres).

Zadané podmínky:

- materiál výrobku dle EN 10111 DD13 (1.0335), polotovár - pás šířky 182 mm, tloušťka 3,6 mm
- lis FAGOR 1500T - max. síla 15000 kN, 8 až 30 zdvihů/min
- ostatní parametry a rozměry výrobku dle pokynů ze zadávající firmy.

Seznam doporučené odborné literatury:

KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části pohonů strojů*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008. 130 s. ISBN 978-80-248-1860-3.

KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.

LEINVEBER, Jan, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 3. dopl. vyd. Úvaly: ALBRA – pedagogické nakladatelství, 2006. ISBN 80-7361-033-7.

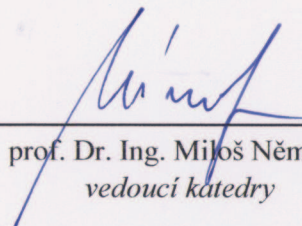
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

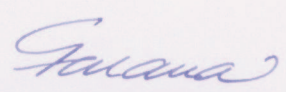
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Daniel Pišťáček, Ph.D.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



  
prof. Dr. Ing. Miloš Němček  
vedoucí katedry

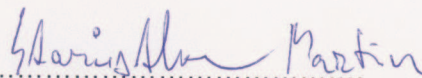
  
prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty



**Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě ..... 23.5.2011 .....

.....  .....


podpis studenta



Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě .....23.5.2011.....



Martin Starůstka

Martin Starůstka

Krhová 558

Valašské Meziříčí, 756 63

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

STARŮSTKA, M. *Návrh opravy transferového nástroje*. Ostrava: Katedra částí a mechanismů strojů, Fakulta strojní, VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2011, 42 s. Bakalářská práce, vedoucí Pišťáček, D.

Bakalářská práce se zabývá úpravou prvního kroku transferového nástroje sloužícího k výrobě součásti systému nastavení polohy volantu pro jeden z modelů automobilu značky Fiat. V úvodu jsou probírány základní postupy výroby plechových výlisků metodou plošného tváření. V hlavní části práce byl proveden návrh úpravy rozměrů vyráběného polotovaru, návrh nástřihového plánu, vyčíslení úspory materiálu dané změnou tvaru polotovaru a kontrolní výpočty částí nástroje. Výkresová dokumentace obsahuje sestavu nástroje a výrobní výkres tvarového střížníku pro druhou operaci na nástroji.

## **ANNOTATION OF THESIS**

STARŮSTKA, M. *Project of a Transfer Tool Overhauling*. Ostrava: Institute parts of machines and mechanisms, Faculty of Mechanical Engineering, VSB-Technical University of Ostrava, 2011, 42 p. Bachelor thesis, head of thesis Pišťáček, D.

Bachelor's thesis describes the modification of the first step of transfer tool pertaining to the production of parts of the system for positioning the wheel of a Fiat car models. In the introduction are studied the basic procedures of production metal stampings sheet metal forming method. In the main part of the thesis was designed sizing semi-produced, draft plan of cutting process, the calculation of quantify of material savings after new design of the shape and control calculations of parts of the tool. Drawings contain entire set of form and manufacturing drawing of stamping for second operation on the tool.

# OBSAH

<b>1. ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>2. ZÁKLADNÍ POSTUPY VÝROBY PLECHOVÝCH VÝLISKŮ METODOU PLOŠNÉHO TVÁŘENÍ .....</b>	<b>12</b>
2.1 STŘIH .....	13
2.2 OHYB.....	15
2.3 TAH .....	16
<b>3. ZÁKLADNÍ SMĚRNICE KONSTRUKCE NÁSTROJŮ PRO PLOŠNÉ TVÁŘENÍ PLECHU.....</b>	<b>17</b>
3.1 ZÁKLADNÍ SOUČÁSTI NÁSTROJŮ.....	17
3.2 ZPŮSOBY DĚLENÍ STŘIŽNIC A STŘIŽNÍKŮ .....	18
3.3 METODY UKOTVENÍ STŘIŽNÍKŮ A STŘIŽNIC .....	19
3.4 ÚČEL A ZPŮSOBY POUŽITÍ STÍRACÍ (PŘIDRŽOVACÍ) DESKY .....	19
3.5 ZPŮSOBY VEDENÍ POLOTOVARU (STŘIŽNÉHO PÁSU) .....	20
<b>4. POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU NÁSTROJE A DŮVODY PRO JEHO ÚPRAVU ....</b>	<b>21</b>
4.1 POPIS VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE .....	21
4.2 ZPŮSOB ÚSPORY MATERIÁLU SPOTŘEBOVANÉHO PRO VÝROBU SOUČÁSTI A VYČÍSLENÍ TÉTO ÚSPORY .....	22
4.3 POPIS POUŽITÉ LISOVACÍ TECHNOLOGIE – TRANSFEROVÝ LIS FAGOR 1500T .....	23
<b>5. POPIS ÚPRAVY LISOVACÍHO NÁSTROJE .....</b>	<b>25</b>
5.1 POPIS A DŮVOD VÝKRESOVÝCH ZMĚN .....	25
5.2 URČENÍ A TVORBA UPRAVENÉHO NÁSTŘIHOVÉHO PLÁNU .....	26
5.3 VÝPOČET PARAMETRŮ PRO KONSTRUKCI A VÝROBU .....	27
5.3.1 URČENÍ DÉLKY STŘIŽNÝCH HRAN A STŘIŽNÝCH PLOCH.....	27
5.3.2 CELKOVÁ STŘIŽNÁ DÉLKA A PLOCHA .....	29
5.3.3 VÝPOČET CELKOVÉ STŘIŽNÉ SÍLY .....	29
5.3.4 VÝPOČET STŘIŽNÉHO ODPORU.....	30
5.3.5 VÝPOČET STÍRACÍ SÍLY .....	30
5.3.6 VÝPOČET PROTlačOVACÍ SÍLY .....	31

5.3.7	VÝPOČET STŘIŽNÉ PRÁCE .....	31
5.3.8	PEVNOSTNÍ VÝPOČET STŘIŽNÍKŮ .....	32
5.3.9	KONTROLA ŠROUBŮ PŘIDRŽOVAČE.....	34
5.3.10	KONTROLA UŠÍ ZÁKLADNÍ DESKY SPODNÍHO DÍLU NÁSTROJE ..	36
<b>6.</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>38</b>
<b>7.</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>40</b>
<b>8.</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>41</b>
<b>9.</b>	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>41</b>
<b>10.</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>42</b>

## SEZNAM POUŽITÉHO OZNAČENÍ:

$a$	šířka pásu plechu	[m]
$A$	střížná práce	[J]
$b$	uspořená délka	[m]
$C_{\text{€}}$	cena materiálu	[€/t]
$c_1$	součinitel stírání	[-]
$c_2$	součinitel protlačování	[-]
$d_3$	malý průměr závitu šroubu	[mm]
$F_P$	celková provozní síla	[N]
$F_{P1}$	provozní síla na jeden šroub	[N]
$F_{Pr}$	protlačovací síla	[N]
$F_S$	střížná síla	[N]
$F_T$	stírací síla	[N]
$k$	součinitel otupení břitů	[-]
$k_{\text{€-Kč}}$	kurz €:Kč	[-]
$k_{\text{rok}}$	počet vyrobených kusů za rok	[-]
$k_s$	střížný odpor	[MPa]
$k_S$	koeficient bezpečnosti	[-]
$k_v$	součinitel hloubky vtlačení	[-]
$l$	celková délka stříhu	[mm]
$m_{\text{ú}}$	hmotnost uspořené materiálu	[kg]
$o_1$	délka střížné hrany	[mm]
$o_2$	délka střížné hrany	[mm]
$o_3$	délka střížné hrany	[mm]
$o_4$	délka střížné hrany	[mm]
$R_e$	mez kluzu	[MPa]
$R_m$	mez pevnosti	[MPa]
$S$	celková plocha stříhu	[mm <sup>2</sup> ]
$S_1$	plocha střížníku	[mm <sup>2</sup> ]
$S_2$	plocha střížníku	[mm <sup>2</sup> ]
$S_3$	plocha střížníku	[mm <sup>2</sup> ]
$S_4$	plocha střížníku	[mm <sup>2</sup> ]
$t$	tloušťka pásu plechu	[m]
$Ú_{\text{€}}$	úspora	[€]
$Ú_{\text{Kč}}$	úspora	[Kč]
$\rho_{\text{ocel}}$	hustota oceli	[kg/m <sup>3</sup> ]



$\sigma_D$	napětí střížníku v tlaku	[MPa]
$\sigma_{Dov}$	dovolené napětí v tlaku	[MPa]
$\sigma_{Dt}$	dovolené napětí šroubu v tahu	[MPa]
$\sigma_t$	napětí šroubu v tahu	[MPa]
$T_s$	pevnost materiálu ve stříhu	[MPa]

# 1. ÚVOD

Z počátku se ke zpracování plechu používalo jen ručních a mnohdy nedokonalých nástrojů. Ručních nástrojů se používá i dnes, avšak jen pro dokončovací práce, pro kusovou práci, nebo pro velmi malé série. Z ručních nástrojů se během doby vyvinuly nástroje speciální, určené jen pro požadovanou práci, na niž již lidská síla nestačí, a proto pracují ve spojení se stroji.

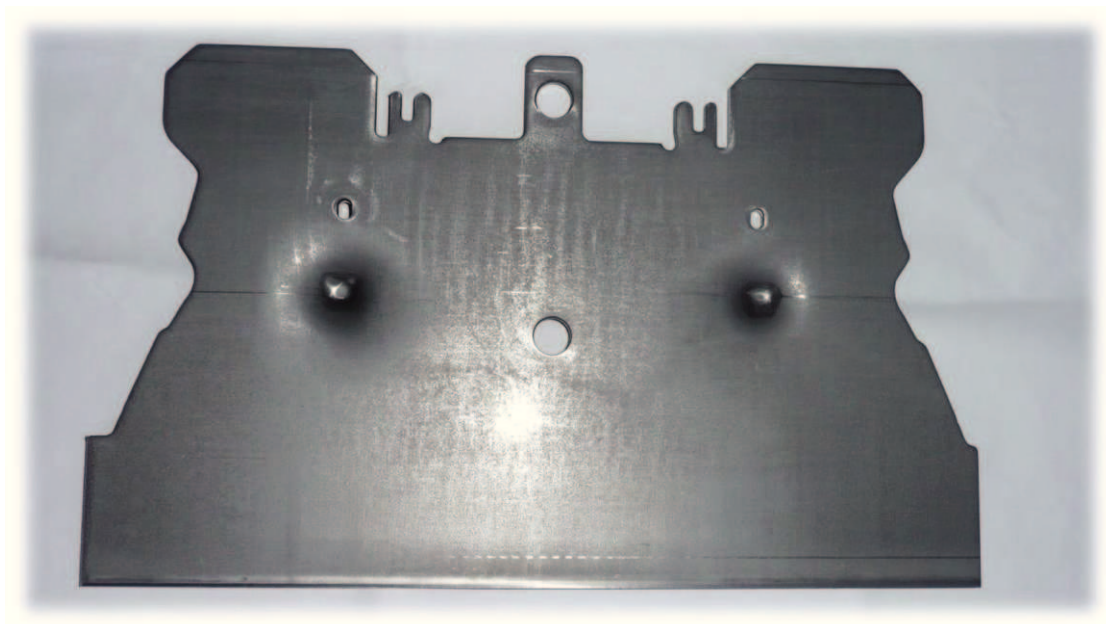
Je mnoho výrobků, jejichž většina součástí a někdy i všechny součásti, se zhotovují lisováním. Plošné tváření plechu je důležitý způsob zpracování kovů tlakem stroje (lisu), jímž lze hospodárně vyrábět různé součásti. Příkladem plošného tváření plechu je v současné době stále více se rozvíjející automobilový průmysl. I tato bakalářská práce se zabývá výrobou plechového výlisku pro automobilový průmysl.

Dostal jsem možnost podílet se na zajímavé práci při opravě nástroje ve společnosti CIE Automotive a.s. ve Valašském Meziříčí, jejíž aktivita je zaměřená především na výrobu součástek pro automobilový průmysl a vyrábí díly pro automobilky v celé Evropské unii i zahraničí (např. USA, Mexiko, Čína).

Práce se zabývá úpravou prvního kroku transferového nástroje sloužícího k výrobě součástí systému nastavení polohy volantu pro jeden z modelů automobilu značky Fiat. Transferový nástroj se jako celek skládá z devíti lisovacích nástrojů seřazených za sebou a tvořících transferovou linku. V této práci se zabývám úpravou nástroje, který slouží k výrobě tvarového polotovaru pro transferovou linku. V uvedeném nástroji se provádí přibližně 80% obstřihu konečného tvaru výlisku, technologické otvory pro ustavení výlisku a dva technické prolisy, které slouží k bezpečnému vytažení výlisku v dalších operacích. Uvedený nástroj pracuje již více než 6 let a vyžaduje, vzhledem ke svému stavu, poměrně časté úpravy, opravy a pečlivou údržbu.

K rozhodnutí o úpravě první sekce nástroje došlo z následujících příčin. Hlavním důvodem byla zmetkovitost způsobená ne zcela přesnou funkcí podavače materiálu, neboť tento byl pořízen za účelem jednoduchého podání plechu do pracovního prostoru nástroje pro přístřih platiny (tvarového, plošného přístřihu). V našem případě se ale jedná o použití jednoduchého postupového nástroje. Proto občas docházelo k nepřesnému posunutí pásu, nedodržení rozměrů dílu a reklamám od zákazníka.

Při technické prohlídce nástroje, následné konzultaci s nástrojaři a technologem lisování a při rozhodování o možných změnách a úpravách nástroje bylo zjištěno, že použitím poměrně jednoduchého a levného technického řešení je možno ušetřit i materiál součásti (zkrácení kroku o 14mm), což při síle plechu 3,6mm může uspořit více než 20.000 € (Euro) za rok.



Obr.1 - Vyráběný polotovár

## 2. ZÁKLADNÍ POSTUPY VÝROBY PLECHOVÝCH VÝLISKŮ METODOU PLOŠNÉHO TVÁŘENÍ [2], [7]

Technologie tváření kovů patří mezi produktivní metody výroby polotovarů i hotových výrobků. Účelem tváření je trvale změnit tvar polotovaru, aniž by se porušila jeho soudržnost. V procesu tváření se mění tvar zpracovávaného materiálu:

- působením vnějších klidných sil (lisování, válcování, tažení),
- rázy (kování apod.).

Plošným tvářením se vyrábí součásti (výlisky), které mohou mít velmi malé rozměry, nebo velkoplošného tvaru. Jejich typickým rysem je nízká hmotnost, dostatečná pevnost i tuhost. Nahrazují úspěšně svařované dílce a odlitky, přičemž lze uspořit 10% až 50% materiálu a snížit pracnost o 25% až 75%.

Základní výchozí polotovary pro plošné tváření jsou plechy, tenkostěnné profily a trubky:

- plech – je dodáván v tabulích, nebo svitcích,
  - tabule se dělí stříháním na rozměrově a tvarově přizpůsobené přístřihy,
  - svitky jsou svinuté pásy plechu, které mají značnou délku a používají se v hromadné a zpravidla automatizované výrobě výlisků z pásu, zejména pomocí nástrojů pro plošné tváření,
- tenkostěnné profily – jsou dodávány v tyčích
- trubky.

Dle deformace lze rozlišit dva základní způsoby plošného tváření:

- deformaci s místním porušením soudržnosti materiálu (**střih**),
- deformace tvárné, bez porušení soudržnosti – změna tvaru se uskutečňuje bez oddělování materiálu.

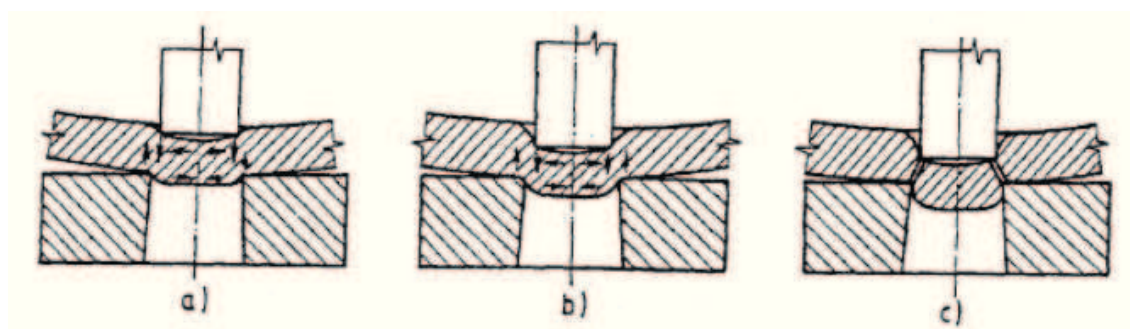
Podle jednotlivých lisařských prací je možné procesy plošného tváření dle ČSN 22 6001 rozdělit na:

- stříhání,
- ohýbání,
- tažení,
- tlačení.



## 2.1 STŘÍH [2], [4], [5], [7]

Podstata stříhání spočívá v oddělování materiálu protilehlými břity nožů. Přesnost a kvalita střížné plochy je ovlivněna mnoha faktory, z nichž k nejdůležitějším patří velikost střížné mezery, vlastnosti stříhaného materiálu, způsob stříhání, kvalita střížného nástroje resp. lisu apod. Různými konstrukčními úpravami střížného nástroje a zvláště volby způsobu stříhání je možno ovlivnit průběh operace stříhání tak, aby se zabránilo nekvalitní střížné ploše se širokým pásmem utržení a deformace výstřížku.

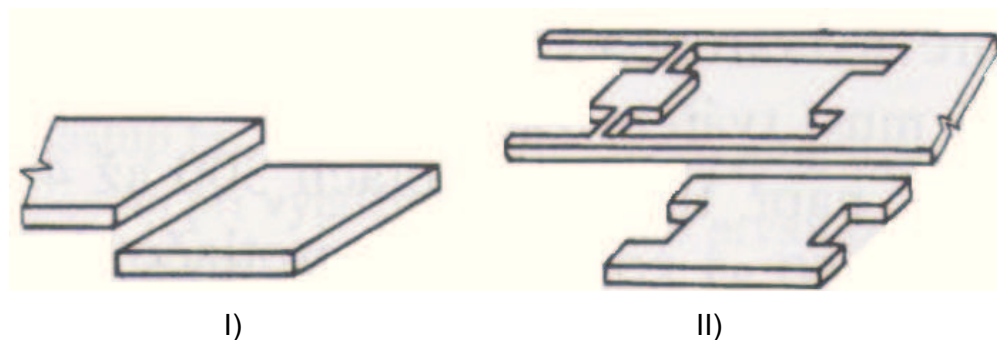


Obr.2 – Fáze stříhání

- a) první fáze – oblast pružné deformace
- b) druhá fáze – oblast plastické deformace
- c) třetí fáze – oddělení materiálu

Střížné operace lze rozdělit do dvou hlavních skupin:

- **stříhání po vnějším otevřeném obryse** – např. stříhání na tabulových nůžkách, kotoučových nůžkách, křivkových nůžkách tvarových apod.; stříhá se z tabulí, pruhů, pásů, z drátů a tyčí;
- **stříhání po uzavřeném obryse** – zpravidla speciálními nástroji na lisech. Stříhá se obvykle z tabulí, pruhů, pásů, nebo polotovarů, při sloučení s jinými operacemi v jednom nástroji, např. tažidly.



Obr.3 – Stříhání

- I) po otevřeném obryse,
- II) po uzavřeném obryse.

### Druhy stříhání plechu:

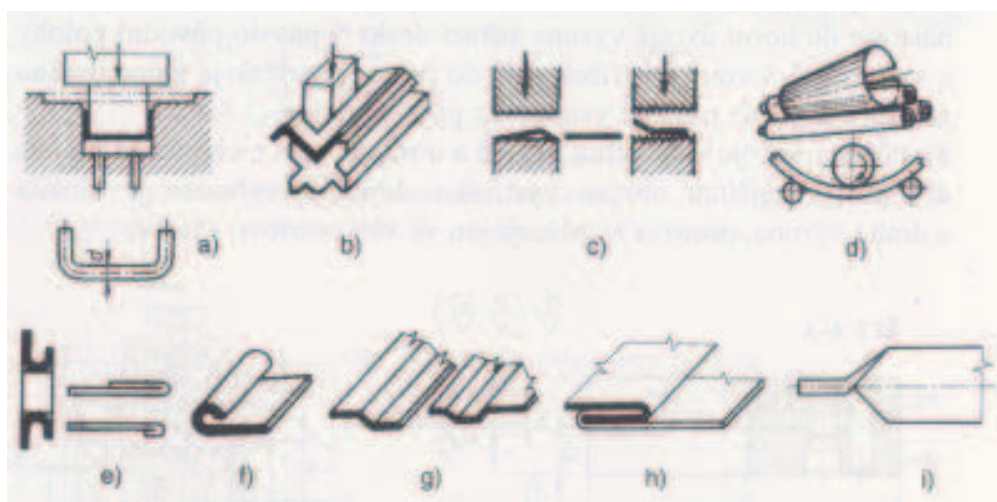
- a) prosté stříhání – dělení materiálu, např. pásů, tabulí, tyčí, nůžkami nebo stříhadlem;
- b) vystřihování – vystřihováním se vyrábí buď výstřihy, součástky k přímému použití, nebo přístřihy či polotovary určené k dalšímu zpracování. Obrysový tvar dutiny střížnice, právě tak jako střížníku, souhlasí s obrysem výstřižku. Střížník se zasouvá do hrdla střížnice. Mezi střížníkem a střížnicí musí být vůle, která se volí dle druhu stříhaného materiálu a ovlivňuje kvalitu střížné plchy, přesnost výstřižku, velikost střížné síly a životnost nástroje. Polotovarem je zpravidla pás, který je automaticky podáván;
- c) přesné stříhání – slouží k výrobě velmi přesných výstřižků, nebo otvorů, které se dále neopravují, vzhled povrchu je srovnatelný s obráběnými plochami, jde o hodnoty  $R_a = 0,8-1,6 \mu\text{m}$ ;
- d) děrování – vytváření děr různých tvarů, kde část vystřižená děrovačem tvoří odpad;
- e) ostřihování – oddělování přebytečného materiálu stříhadlem z výtažků, protlačků, výstřižků, výkovků, apod.;
- f) přístřihování – slouží k dosažení přesných tvarů;
- g) nastřihování;
- h) prostřihování;
- i) protrhávání.

## 2.2 OHYB [2], [4]

Ohýbání je trvalé deformování materiálu, kterým se dosahuje požadované změny tvaru bez podstatné změny průřezu. Pro dosažení trvalého ohybu je nezbytné, aby ohybové napětí bylo nad mezí kluzu  $R_e$ . Překročení meze pevnosti  $R_m$  není dovoleno z důvodů porušení soudržnosti tvářeného materiálu.

**Při tváření materiálu ohybem rozlišuje norma ČSN 22 6001:**

- a) prosté ohýbání – trvalá deformace materiálu:
  - při *plošném tváření* přecházejí rovinné plochy v plochy různě vůči sobě orientované vytvářením ostrých nebo oblých hran,
  - při *objemovém tváření* – ohýbání tyčí, profilů, polotovarů a výkovků;
- b) ohraňování – ohýbání plechu na jednoúčelových, tzv. ohraňovacích lisech, nebo tvářecích strojích se speciálními nástroji;
- c) rovnání – dodatečné rovnání plechu, přístřihu profilového materiálu i výlisku;
- d) zakružování – tváření rovinné i členité plochy v plochu válcovou;
- e) lemování – ohýbání okraje rovinné nebo prostorové plochy k získání ozdobného vzhledu, odstranění ostrých hran apod.;
- f) obrubování – vyztužování okraje rovinné nebo prostorové plochy ke zvýšení jakosti okraje;
- g) osazování – ohnutí promáčknutím v okraji nebo uvnitř rovinné plochy;
- h) drápkování;
- i) zkručování.



Obr. 4 – Operace ohýbání.

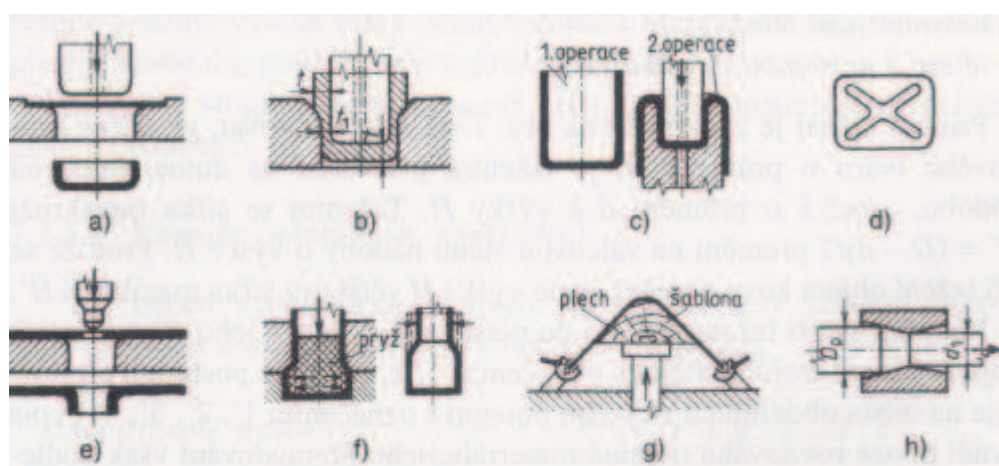
## 2.3 TAH [2], [5]

Tažení plechu je technologický proces tváření, při kterém se z rovinného přístříhu plechu zhotovují v jedné nebo více operacích výtažky jednoduchého rotačního tvaru, hranaté výtažky a složité nesymetrické tvary součástí. V průmyslové praxi se tímto způsobem vyrábí široký sortiment mělkých i hlubokých nádob, krytů, vík, součástí karoserií atd.

K dosažení kvalitního výtažku s požadovanou přesností je nutné dodržet optimální technologicko – konstrukční parametry v procesu tažení. Volba vhodného plechu, maziva a typu lisu je nezbytná.

### Podle charakteru rozděluje ČSN operace do skupin:

- a) prosté tažení – tváření rovinné plochy v polozavřenou nádobu, nebo rovinného polotovaru na duté těleso bez podstatné změny tloušťky materiálu;
- b) tažení se ztenčením stěny – objemové tváření při němž se mění tloušťka stěny polotovaru (výtažku), dno se nemění;
- c) zpětné tažení;
- d) žlábkování;
- e) protahování;
- f) rozšiřování nebo zužování;
- g) přetahování;
- h) objemové tažení.



Obr. 5 – Operace tažení.



### **3. ZÁKLADNÍ SMĚRNICE KONSTRUKCE NÁSTROJŮ PRO PLOŠNÉ TVÁŘENÍ PLECHU [6]**

Při výrobě lisovaných součástí se konají různé pracovní úkony, například děrování, vystřihování, ohýbání, tažení, protlačování aj. V kusové a malosériové výrobě se pro tyto práce používají ruční nebo strojní univerzální lisovací nástroje. V sériové a hromadné výrobě se používají speciální lisovací nástroje, tj. nástroje pro určitý druh výrobku nebo práce. Podle počtu pracovních úkonů při jednom zdvihu dělíme lisovací nástroje na:

- a) jednoduché – pro jeden pracovní úkon, např. děrování;
- b) postupové – pro dva nebo více pracovních úkonů stejného druhu vykonaných stejným nástrojem za sebou, např. děrování a stříhání;
- c) sloučené – pro zhotovení výlisku najednou, sloučením několika pracovních úkonů stejného druhu v jednom nástroji, např. současně děrování a stříhání;
- d) sdružené – nástroje postupové nebo sloučené pro provádění pracovních úkonů různého druhu, např. vystřihování a tažení, děrování, stříhání a ohýbání apod.

#### **3.1 ZÁKLADNÍ SOUČÁSTI NÁSTROJŮ [1], [3], [8]**

Každý lisovací nástroj je originál a skládá se z normovaných a pro daný nástroj speciálně navržených součástí. Účelem nástrojů je vyrobit z plechu požadovaný díl stanoveným počtem úkonů používaných v tvářecí technice. Nástroj se skládá z pevné části upnuté na stole lisu a z části pohyblivé upevněné na smýkadle lisu. Pohybem jedné části proti druhé, mezi nimiž je vložen materiál, vykovávají se potřebné tvářecí úkony.

Části, které přímo zpracují vložený materiál a které se nazývají pracovní části jsou:

- střižník, střižnice, lisovník, lisovnice, čelisti, trny apod.

Části sloužící k ostatním úkonům v nástroji a které se nazývají pomocné ústrojí nástroje jsou:

- vkládací, vodící, upínací, vyhazovací, stírací a posuvové části.

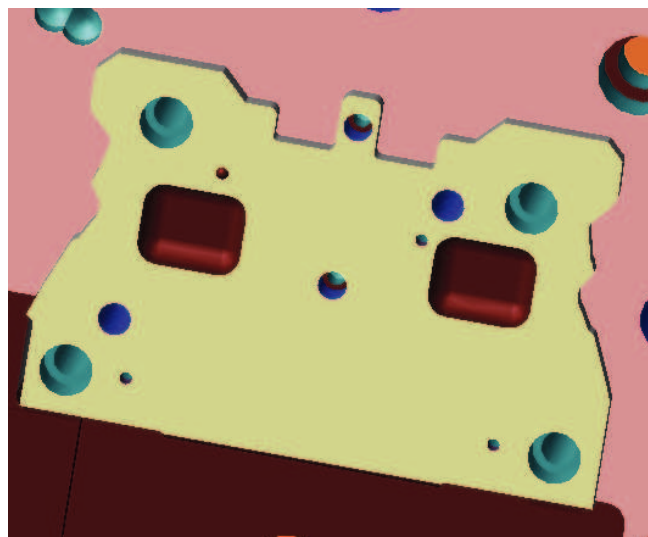
Části, které umožňují sestavení nástroje v tuhý a pevný celek jsou:

- základové a upínací desky, stopky, šrouby, kolíky a pružiny.

### 3.2 ZPŮSOBY DĚLENÍ STŘIŽNIC A STŘIŽNÍKŮ [1]

Konstrukteři nástrojů často přehlíží výhody dělených střížnic a střížníků, které jsou tyto:

- Nikoliv vysoké zmetky a malé deformace při kalení. Vzniklé nestejnoměrnosti lze snadněji opravit broušením než u nedělených nástrojů.
- Podstatně levnější výroba, zejména u komplikovaných tvarů.
- Rychlá výměna zlámaných částí. Oprava nástroje je levnější než u nedělených nástrojů.
- Můstky a jemně dělené části nástroje se dají snáze vyrobit odděleně a pak při sesazování nástroje uložit.
- Menší namáhání masivně utvářeného kusu nástrojové oceli a tedy proto snížení namáhání celku.
- Malé vnitřní pnutí a tedy menší nebezpečí zlomení.



Obr. 6 - Nedělený střížník



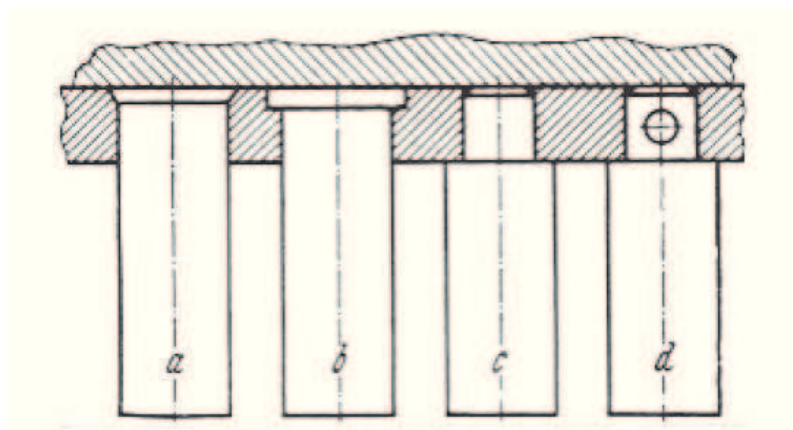
Obr. 7 - Dělený střížník

### 3.3 METODY UKOTVENÍ STŘIŽNÍKŮ A STŘIŽNIC [1]

Horní části střížníku sestávají mimo upínacího čepu z hlavové desky pro střížníky, občas také nazývané hlava střížníku nebo deska pro upínání střížníku. Pro menší střížníky se mezi hlavovou desku střížníku a kotevní desku střížníku vloží tzv. opěrná tlačná deska.

Spojení desek se provádí pomocí šroubů s válcovou hlavou, které se nasazují shora, méně často se spodní strany.

Střížníky jsou v upínací desce přidržovány podle obr. 8a/b osazením, vytvořeným na jejich horním okraji. Jiný způsob je nalisování razníků s čepem (Obr. 8c) do upínací desky. Dále se navrhuje desku pro upevnění střížníku provrtat příčně k čepu střížníku a to za účelem upevnění střížníku válcovým nebo kuželovým kolíkem (Obr. 8d).



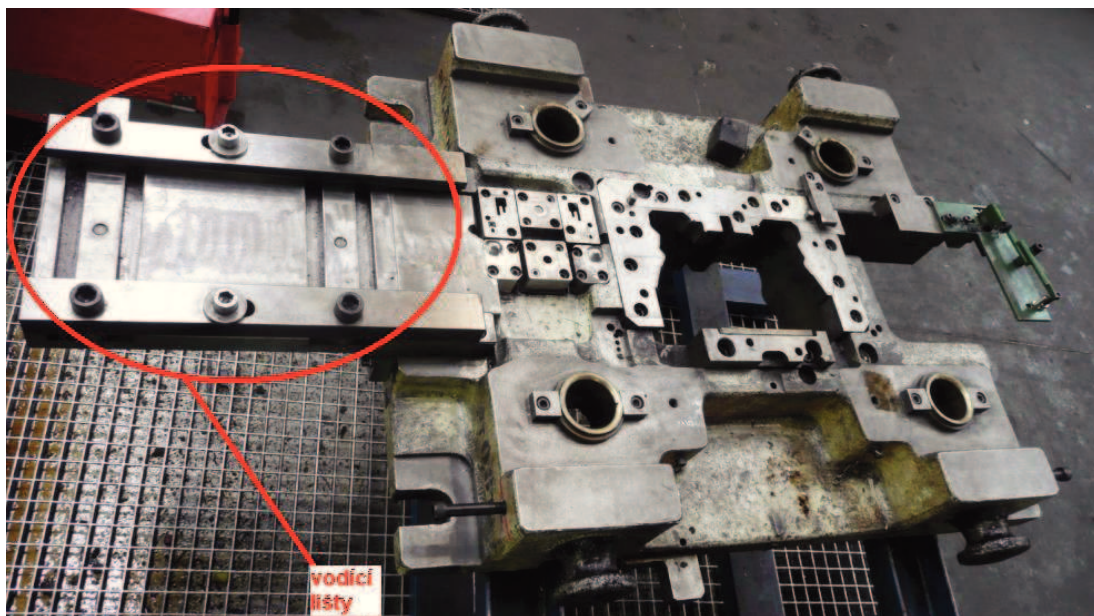
Obr. 8 - Způsoby upevnění střížníku

### 3.4 ÚČEL A ZPŮSOBY POUŽITÍ STÍRACÍ (PŘIDRŽOVACÍ) DESKY

Působením tlačných pružin slouží k přidržení plechového polotovaru v oblasti stříhu, tak že po prostřížení otvoru stále přidrží polotovar v místě stříhu a brání jeho deformaci vlivem zpětné stírací síly, kterou vyvíjí razník třením o stěny vystříženého otvoru.

### 3.5 ZPŮSOBY VEDENÍ POLOTOVARU (STŘIŽNÉHO PÁSU)

Za účelem vedení střížného pásu se k spodnímu dílu nástroje montují vodící lišty. Vodící lišty jsou pevně uchyceny na nástroji a mají funkci pouze vést pás plechu ve střížném nástroji. Pokud se jedná např. o nástroj, který stříhá i ohýbá, mají i funkci nadzvedávat plech, který ulpí na tažnici.



Obr. 9 – Vodící lišty



## **4. POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU NÁSTROJE A DŮVODY PRO JEHO ÚPRAVU**

### **4.1 POPIS VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE**

Dolní a horní základové desky tvoří odlitky ze šedé litiny třídy 42 2425. Odlitky jsou použity z důvodu následné úspory obráběcích operací. V odlitku spodní základové desky jsou vyfrézovány přesná vybrání pro upínací desku pro tvarové a kruhové střížnice, tvarové vložky pro první krok (operaci) v nástroji, střížné vložky a délkový doraz pro druhý tvářecí krok. Dále jsou zde vyrobeny přesné otvory pro válcové kolíky, vymezující polohu činných částí a otvory pro šrouby.

Součásti určené přímo pro tvářecí operace (střížníky, střížnice, tvárníky, tvárnice,...) jsou vyrobeny z nástrojové oceli 1.2379, která se vyznačuje velmi dobrou houževnatostí při dosažení potřebné tvrdosti (více než 60HRC). Pro možnost povlakování (TiN, TiCrN apod.) se provádí sekundární kalení, které součásti dodá odolnost proti vyšším popouštěcím teplotám.

V horní upínací desce jsou umístěny kotevní a kalená opěrná deska, jejímž účelem je přesné, pevné a stabilní upevnění střížníků a tvárníků pro první krok a opěrná deska pro upevnění hlavního střížníku pro druhý krok.

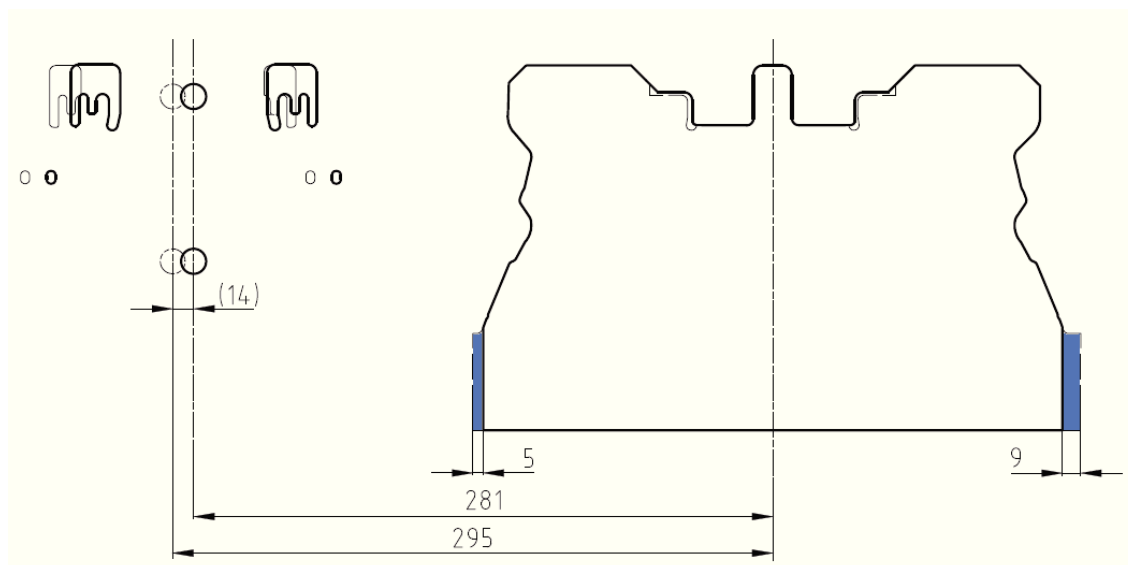
V horní části nástroje je dále umístěna stírací (přidržovací) deska, která je spojena s horní upínací deskou, její přesné vedení zabezpečují vodící sloupky a bronzová samomazná pouzdra s grafitovými vložkami umístěná vtřese stírače. Sílu přidržení určují 4 plynové pružiny (s možností regulace tlaku) umístěné na upínací desce.

Spojení a přesnou polohu horní a dolní části nástroje je zajištěno použitím vodících sloupků a samomazných bronzových pouzder.

Nástroj je dále vybaven koncovými dorazy, které slouží k najíždění nástroje při začátku lisování, a přepravními dorazy pro bezpečné skladování a přepravu nástrojů, které dále zabraňují zbytečnému namáhání pružin při skladování.

## 4.2 ZPŮSOB ÚSPORY MATERIÁLU SPOTŘEBOVANÉHO PRO VÝROBU SOUČÁSTI A VYČÍSLENÍ TÉTO METODY

Úspory materiálu spotřebovaného pro výrobu součásti jsme dosáhli zmenšením délky střížníku a tím i součástí o celkovou délku 14mm viz obr. 10. Díky této změně jsem mohl upravit nástřihový plán. Vlivem změny dochází při každém stříhu k úspoře 14 mm délky plechu, což umožní výrobu více přístřihů z jednotlivých svitků plechu.



Obr. 10 – Úspora materiálu

Cenovou úsporu počítám z vypočítané hmotnosti uspořené materiálu a průměrné ceny jedné tuny svitku plechu.

$$m_{\dot{U}} = a \cdot b \cdot t \cdot \rho_{ocel} \cdot k_{rok}$$

$$m_{\dot{U}} = 0,182 \cdot 0,014 \cdot 0,0036 \cdot 7850 \cdot 400000 \quad (1)$$

$$\underline{\underline{m_{\dot{U}} = 28802,6 \text{ kg}}}$$

$$\dot{U}_{\epsilon} = m_{\dot{U}} \cdot C_{\epsilon}$$

$$\dot{U}_{\epsilon} = 28802,6 \cdot 10^{-3} \cdot 700 \quad (2)$$

$$\underline{\underline{\dot{U}_{\epsilon} = 20161,82 \text{ €}}}$$

$$\dot{U}_{Kč} = k_{€-Kč} \cdot \dot{U}_{€}$$

$$\dot{U}_{Kč} = 25 \cdot 20161,82$$

(3)

$$\underline{\underline{\dot{U}_{Kč} = 504045,5 \text{ Kč}}}$$

Kde	$m_U$	...hmotnost uspořené délky za rok [kg]
	$a$	...šířka pásu plechu [m]
	$b$	... uspořená délka [m]
	$t$	... tloušťka pásu plechu [m]
	$k_{rok}$	...počet vyrobených kusů za rok
	$\rho_{ocel}$	...hustota oceli [kg/m <sup>3</sup> ]
	$\dot{U}_{€}$	...úspora [€]
	$C_{€}$	...cena materiálu [€/t]
	$\dot{U}_{Kč}$	...úspora [Kč]
	$k_{€-Kč}$	...kurz €:Kč [-]

### 4.3 POPIS POUŽITÉ LISOVACÍ TECHNOLOGIE – TRANSFEROVÝ LIS FAGOR 1500T

Pro výrobu zadaného polotovaru je používán klikový lis FAGOR model TLE4-1500-6500-2200 s dvojitým stojanem a rozděleným rámem, excentrickým soukolím s dvojitou redukcí, jednoduchým účinkem a se čtyřmi závěsnými body pro stříhání a lisování plechu.



Obr. 11 – lis FAGOR 1500T

Mimo hlavního lisu je zařízení vybaveno vedlejším lisem, který slouží k výrobě pravidelných popř. tvarových přístřihů. Do vedlejšího lisu je polotovár přiváděn přímo z odvíjecího a rovnacího zařízení. Parametry vedlejšího lisu viz tabulka „Technická data lisu“(viz příloha č.3) .

Pro práci na vedlejším lisu je určen nástroj, který je tématem této bakalářské práce.

Lis je vybaven hydraulickým vyrovnáváním tlaku beranu, dvěma výměnnými pohyblivými stoly pro snadnější a flexibilní výměnu nástrojů a transferových lišt. Dále je lis vybaven zařízením pro odvíjení plechových svitků spojených s rovnačkou plechu do síly plechu 4 mm. Pro podávání přístřihu do transferové části je využíváno speciální podávací zařízení (NORDA), které slouží jak k podávání pravidelných (čtverec, obdelník, průměr) tak i tvarových přístřihů.



## 5. POPIS ÚPRAVY LISOVACÍHO NÁSTROJE

### 5.1 POPIS A DŮVOD VÝKRESOVÝCH ZMĚN

Změna výkresové dokumentace spočívá v zakomponování nově navržených střížníků a střížnic do původní základové desky a snížení vzdálenosti jednotlivých operací o 14mm.

V původním řešení tvaru tvarových střížníků docházelo k nedodržení tolerance tvaru profilu po provedení druhé operace. Proto jsem navrhl změnu tvaru tvarových střížníků první operace.

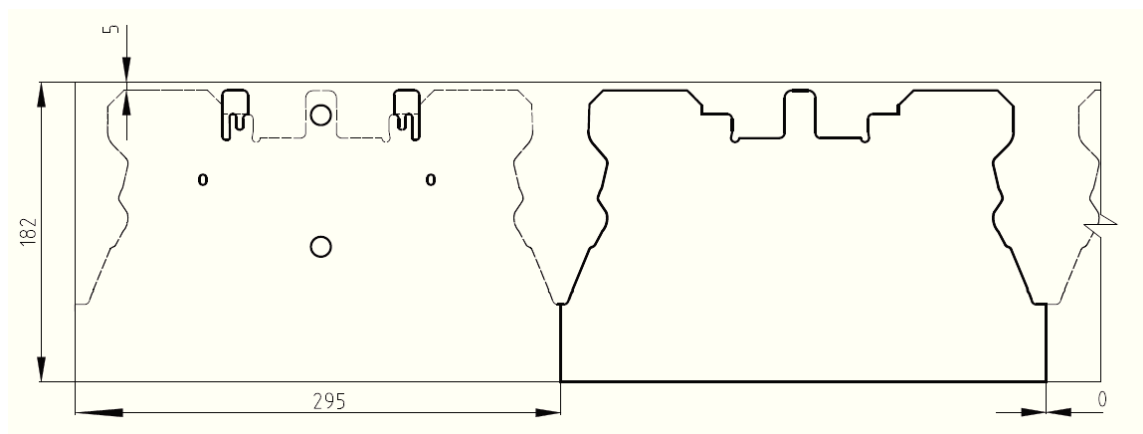
Při návrhu střížníku pro celkový obstřih u druhé operace jsem zvažoval použití děleného a neděleného střížníku. I přes výhody dělených střížníků jsem po konzultaci s technologem navrhl nedělený střížník, který je oproti původnímu střížníku o 14mm užší, což má za následek úsporu materiálu a liší se úpravou tvaru vzhledem ke změně tvarových střížníků první operace.

Z důvodů poškození původní přidržovací desky a změn tvarů a poloh střížníků a střížnic jsem navrhl novou přidržovací desku.

Střížnice jsem navrhl dle tvaru střížníků tak, aby mezi střížníkem a střížnicí byla vůle umožňující průchod střížníku střížnicí a zabraňující zaseknutí střížníku ve střížnici.

Nové komponenty jsem navrhoval tak, aby tvarově a rozměrově dobře seděly v původní základové desce a aby byly využity původní otvory a díry se závitem pro upínání a ustavování jednotlivých prvků.

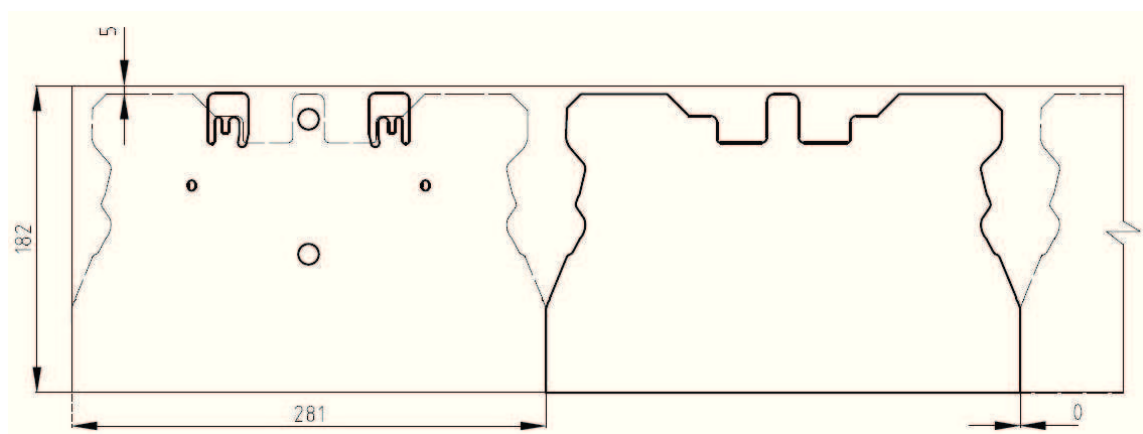
## 5.2 URČENÍ A TVORBA UPRAVENÉHO NÁSTŘIHOVÉHO PLÁNU



Obr. 12 – Původní nástřihový plán

Změna nástřihového plánu spočívala v úpravě tvaru a rozměrů vyráběné součásti. Vzhledem k technologickým problémům v dalších operacích, kdy docházelo k nedodržení tolerovaných rozměrů u vybrání lisovaném v prvním kroku, bylo rozhodnuto o jednoduché změně tvaru střížníků prvního kroku, které uvedený problém odstraňuje.

Po konzultaci s technologem výroby a vyhodnocení přídavek na ostříhy jsme dospěli k závěru, že délka 295 mm je vzhledem k dalším výrobním krokům zbytečně velká, protože se v dalších operacích dále odstřihuje a mění v odpad.



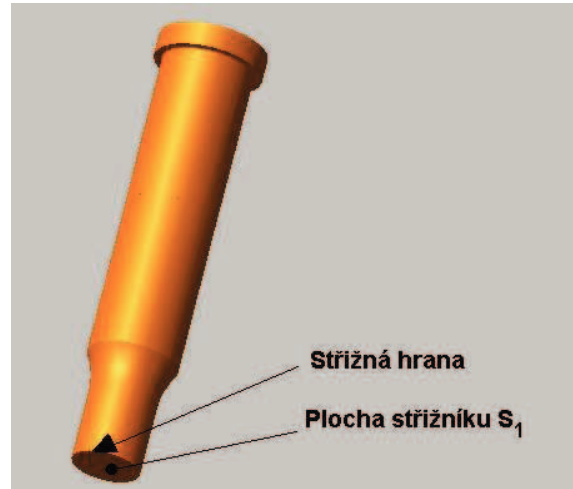
Obr. 13 – Upravený nástřihový plán

Aby nedocházelo ke zbytečnému plýtvání materiálu, rozhodli jsme, že celý vyráběný polotovár zkrátíme o 14 mm. Na obrázcích jsou tučně znázorněné obě operace prováděné na zadaném nástroji. Kromě změny rozměru polotovaru je vidět také změna tvarového střížníku pro první operaci.

## 5.3 VÝPOČET PARAMETRŮ PRO KONSTRUKCI A VÝROBU

### 5.4.1. URČENÍ DÉLKEK STŘIŽNÝCH HRAN A STŘIŽNÍCH PLOCH

- 1) Střížník ke zhotovení dvou děr pro hledáčky pro následné operace.



Obr. 14 – Střížník pro hledáčky

$$o_1 = 2 \cdot \pi \cdot r$$

$$o_1 = 2 \cdot \pi \cdot 6,05 \quad (4)$$

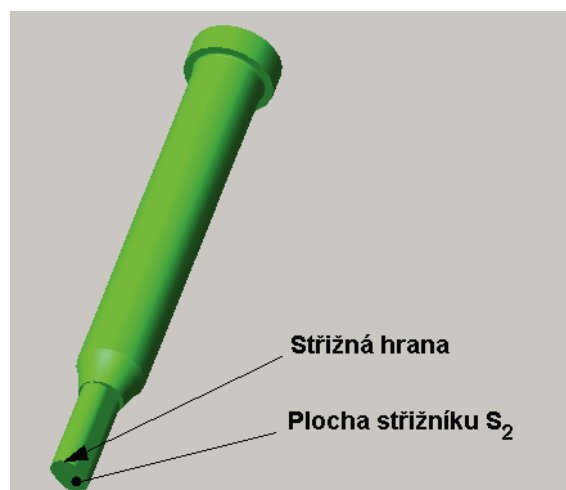
$$o_1 = 38,01 \text{ mm}$$

$$S_1 = \pi \cdot r^2$$

$$S_1 = \pi \cdot 6,05^2 \quad (5)$$

$$S_1 = 114,99 \text{ mm}^2$$

- 2) Střížník pro zhotovení dvou oválných montážních otvorů.



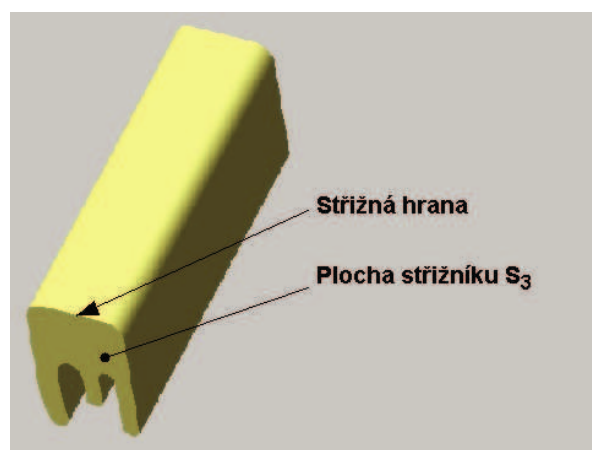
Obr. 15 – Střížník pro oválné otvory

Délka střížné hrany i plocha střížníku byly zjištěny pomocí programu NX Unigraphics.

$$o_2 = 17,51 \text{ mm}$$

$$S_2 = 23,13 \text{ mm}^2$$

3) Tvarový střížník pro první operaci.



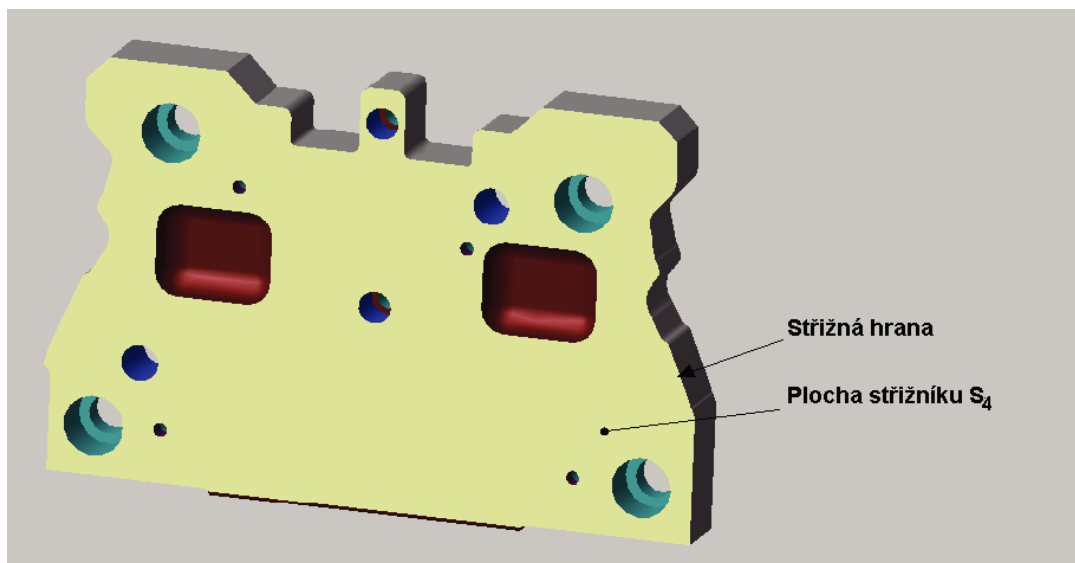
Obr. 16 – Tvarový střížník 1

Délka střížné hrany i plocha střížníku byly zjištěny pomocí programu NX Unigraphics.

$$o_3 = 149,2404 \text{ mm}$$

$$S_3 = 536,3188 \text{ mm}^2$$

4) Tvarový střížník pro druhou operaci.



Obr. 17 – Tvarový střížník 2

Délka střížné hrany i plocha střížníku byly zjištěny pomocí programu NX Unigraphics.

$$o_4 = 711,9 \text{ mm}$$

$$S_4 = 40919,3 \text{ mm}^2$$

Kde  $o_{1-4}$  ... obvody jednotlivých ploch stříhu [mm]  
 $S_{1-4}$  ... jednotlivé plochy stříhu [mm<sup>2</sup>]

#### 5.4.2. CELKOVÁ STŘIŽNÁ DÉLKA A PLOCHA

$$l = 2 \cdot o_1 + 2 \cdot o_2 + 2 \cdot o_3 + o_4 \quad l = 2 \cdot 38,01 + 2 \cdot 17,51 + 2 \cdot 149,24 + 711,9 \quad (6)$$

$$l = \underline{\underline{1121,421 \text{ mm}}}$$

$$S = 2 \cdot S_1 + 2 \cdot S_2 + 2 \cdot S_3 + S_4 \quad S = 2 \cdot 114,99 + 2 \cdot 23,13 + 2 \cdot 536,32 + 40919,3 \quad (7)$$

$$S = \underline{\underline{42268,2 \text{ mm}^2}}$$

Kde  $l$  ...celková délka stříhu [mm]  
 $o_{1-4}$  ...obvody jednotlivých ploch stříhu [mm]  
 $S$  ...celková plocha stříhu [mm<sup>2</sup>]  
 $S_{1-4}$  ...jednotlivé plochy stříhu [mm<sup>2</sup>]

#### 5.4.3. VÝPOČET CELKOVÉ STŘIŽNÉ SÍLY

$$F_S = k \cdot l \cdot t \cdot \tau_s \quad F_S = 1,2 \cdot 1121,421 \cdot 3,6 \cdot 320 \quad (8)$$

$$F_S = \underline{\underline{1550252,4 \text{ N} \Rightarrow 1550,3 \text{ kN}}}$$

$$\tau_s = 0,8 \cdot R_m \quad \tau_s = 0,8 \cdot 400 \quad (9)$$

$$\tau_s = \underline{\underline{320 \text{ MPa}}}$$

Kde  $k$  ...součinitel otupení břitů (1,1 až 1,3)  
 $l$  ...délka stříhu [mm]  
 $t$  ...tloušťka plechu [mm]  
 $R_m$  ...mez pevnosti (plechu) v tahu  $R_m = 400 \text{ [MPa]}$   
 $T_s$  ...pevnost materiálu ve stříhu [MPa]

Nominální síla vedlejšího lisu je 2500kN.



#### 5.4.4. VÝPOČET STŘIŽNÉHO ODPORU

$$k_s = \frac{F_s}{S} \qquad k_s = \frac{1550252,4}{42268,2} \qquad (10)$$

$$\underline{\underline{k_s = 36,68 \text{ MPa}}}$$

Kde  $k_s$  ...střižný odpor [MPa]  
 $F_s$  ...střižná síla [N]  
 $S$  ... celková plocha stříhu [mm<sup>2</sup>]

#### 5.4.5. VÝPOČET STÍRACÍ SÍLY

Tab. 1 – Hodnoty součinitele stírání  $c_1$  [9]

Tloušťka materiálu	Součinitel stírání $c_1$
Ocel do 1 mm	0,02 až 0,12
1 až 5 mm	0,06 až 0,16
nad 5 mm	0,08 až 0,20
Mosaz	0,06 až 0,07
Slitiny hliníku	0,09

$$F_T = c_1 \cdot F_s \qquad F_T = 0,1 \cdot 1550252,4 \qquad (11)$$

$$\underline{\underline{F_T = 155025,24 \text{ N} \Rightarrow 155,02 \text{ kN}}}$$

Kde  $F_T$  ...stírací síla [N]  
 $c_1$  ...součinitel stírání, jeho velikost udává tab.1  
 $F_s$  ...střižná síla [N]

### 5.4.6. VÝPOČET PROTlačOVACÍ SÍLY

Tab. 2 – Hodnoty součinitele protlačování  $c_2$  [9]

Tloušťka materiálu	Součinitel stírání $c_2$
Ocel do 1 mm	0,005 až 0,08
1 až 5 mm	
nad 5 mm	
Mosaz	0,04
Slitiny hliníku	0,02 až 0,04

$$F_{Pr} = c_2 \cdot F_S$$

$$F_{Pr} = 0,02 \cdot 1550252,4$$

(12)

$$F_{Pr} = 31005,05 \text{ N} \Rightarrow 31 \text{ kN}$$

Kde  $c_2$  ...součinitel protlačování, jeho velikost udává tab. 2

$F_{Pr}$  ...protlačovací síla [N]

### 5.4.7. VÝPOČET STŘIŽNÉ PRÁCE

Tab. 3 – Součinitel hloubky vtlačení do materiálu [9]

Materiál	Tloušťka materiálu $t$			
	do 1 mm	1 až 2 mm	2 až 4 mm	nad 4
Ocel měkká, kS je 250 – 350 MPa	0,70 – 0,65	0,65 – 0,60	0,60 – 0,50	0,45 – 0,35
Ocel středně tvrdá, kS je 350 – 500 MPa	0,60 – 0,55	0,55 – 0,50	0,50 – 0,42	0,40 – 0,30
Ocel tvrdá, kS je 500 – 700 MPa	0,45 – 0,42	0,42 – 0,38	0,38 – 0,33	0,30 – 0,20
Hliník, měď (žíhané)	0,75 – 0,70	0,70 – 0,65	0,65 – 0,55	0,50 – 0,40

$$A = k_v \cdot F_S \cdot t$$

$$A = 0,5 \cdot 1550252,4 \cdot 3,6$$

(13)

$$A = 2790454,32 \text{ J} \Rightarrow 2790,5 \text{ kJ}$$

Kde  $A$  ...střižná práce [J]

$k_v$  ...součinitel hloubky vtlačení [mm], jeho velikost udává tab. 3

$F_S$  ...střižná síla [N]

$t$  ...tloušťka materiálu [mm]

#### 5.4.8. PEVNOSTNÍ VÝPOČET STŘIŽNÍKŮ

Materiál střížníků použiji ocel 1.2379 (dle DIN), kalenou na tvrdost 60+2 HRC, pevnost v tlaku  $R_m = 2960 \div 3100$  MPa.

- 1) Kontrola střížníků ke zhotovení dvou děr pro hledáčky (Obr. 14).

$$\sigma_D = \frac{F_{S1}}{S_1} \leq \sigma_{Dov} \qquad \sigma_D = \frac{52545,024}{114,99} \qquad (14)$$
$$\sigma_D = 456,95 \text{ MPa}$$
$$\underline{\underline{456,95 \text{ MPa} < 3000 \text{ MPa}}}$$

Střížník č.1 **vyhovuje** v pevnostní kontrole.

Kde  $F_{S1}$  ...střížná síla daného střížníku [N]  
 $S_1$  ...plocha průřezu střížníku [mm<sup>2</sup>]  
 $\sigma_D$  ...napětí střížníku v tlaku [MPa]  
 $\sigma_{Dov}$  ...dovolené napětí v tlaku [MPa]

- 2) Kontrola střížníků pro zhotovení dvou oválných montážních otvorů (Obr. 15).

$$\sigma_D = \frac{F_{S2}}{S_2} \leq \sigma_{Dov} \qquad \sigma_D = \frac{24205,8}{23,13} \qquad (15)$$
$$\sigma_D = 52,97 \text{ MPa}$$
$$\underline{\underline{52,97 \text{ MPa} < 3000 \text{ MPa}}}$$

Střížník č.2 **vyhovuje** v pevnostní kontrole.

Kde  $F_{S2}$  ...střížná síla daného střížníku [N]  
 $S_2$  ...plocha průřezu střížníku [mm<sup>2</sup>]  
 $\sigma_D$  ...napětí střížníku v tlaku [MPa]  
 $\sigma_{Dov}$  ...dovolené napětí v tlaku [MPa]

3) Kontrola tvarových střížníků pro první operaci (Obr. 16).

$$\sigma_D = \frac{F_{S3}}{S_3} \leq \sigma_{Dov} \qquad \sigma_D = \frac{206309,376}{536,32} \qquad (16)$$
$$\sigma_D = 384,7 \text{ MPa}$$
$$\underline{\underline{384,7 \text{ MPa} < 3000 \text{ MPa}}}$$

Střížník č.3 **vyhovuje** v pevnostní kontrole.

Kde  $F_{S3}$  ...střížná síla daného střížníku [N]  
 $S_3$  ...plocha průřezu střížníku [mm<sup>2</sup>]  
 $\sigma_D$  ...napětí střížníku v tlaku [MPa]  
 $\sigma_{Dov}$  ...dovolené napětí v tlaku [MPa]

4) Kontrola tvarového střížníku pro druhou operaci (Obr. 17)

$$\sigma_D = \frac{F_{S4}}{S_4} \leq \sigma_{Dov} \qquad \sigma_D = \frac{1372584,96}{40919,3} \qquad (17)$$
$$\sigma_D = 33,54 \text{ MPa}$$
$$\underline{\underline{33,54 \text{ MPa} < 3000 \text{ MPa}}}$$

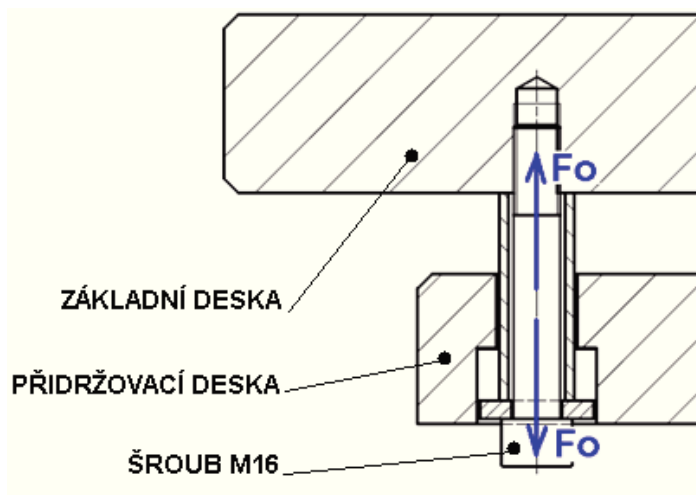
Střížník č.4 **vyhovuje** v pevnostní kontrole.

Kde  $F_{S4}$  ...střížná síla daného střížníku [N]  
 $S_3$  ...plocha průřezu střížníku [mm<sup>2</sup>]  
 $\sigma_D$  ...napětí střížníku v tlaku [MPa]  
 $\sigma_{Dov}$  ...dovolené napětí v tlaku [MPa]

#### 5.4.9. KONTROLA ŠROUBŮ PŘIDRŽOVAČE

Deska přidržovače může působit na pás plechu silou až 120kN. Tato síla je vyvolána díky použití plynových pružin španělské výroby od firmy AZOL-GAS (typ: CT-3000-25). Každá z těchto pružin dokáže působit silou až 30kN. Síla (tlak) v pružinách je regulovatelná. I když ve skutečnosti nebude využíváno maximální síly plynových pružin, při kontrole s ní z důvodů bezpečnosti počítám.

K udržení přidržovací síly použiji čtyři šrouby M16x1 (DIN 912), pevnost materiálu je 8.8 .  $R_e = 640 \text{ MPa}$



Obr. 18 – Zatížení šroubu

$$\sigma_t \leq \sigma_{Dt}$$

(18)

$$\sigma_t = \frac{F_{P1}}{\pi \cdot \left(\frac{d_3}{2}\right)^2}$$

$$\sigma_t = \frac{30000}{\pi \cdot \left(\frac{14,773}{2}\right)^2}$$

(19)

$$\underline{\underline{\sigma_t = 175,02 \text{ MPa}}}$$



$$\sigma_{Dt} = \frac{R_e}{k_S}$$

$$\sigma_{Dt} = \frac{640}{3}$$

(20)

$$\sigma_{Dt} = 213,33 \text{ MPa}$$

$$175,02 \leq 213,33 \text{ MPa}$$

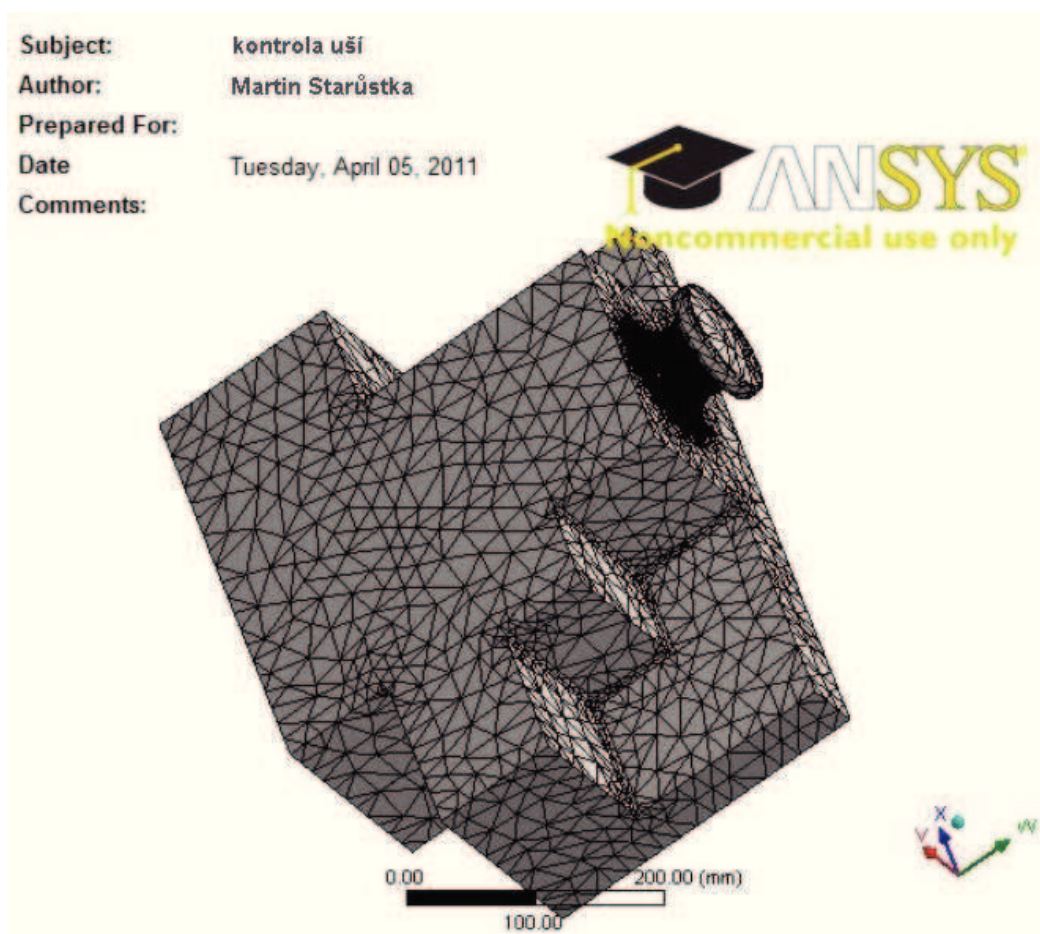
Kde	$\sigma_t$	...napětí šroubu v tahu [MPa]
	$\sigma_{Dt}$	...dovolené napětí šroubu v tahu [MPa]
	$F_{P1}$	...provozní síla na jeden šroub [N]
	$F_P$	...celková provozní síla [N]
	$d_3$	...malý průměr závitu šroubu [mm]
	$R_e$	...mez kluzu [MPa]
	$k_S$	...koeficient bezpečnosti [-]

#### 5.4.10. KONTROLA UŠÍ ZÁKLADNÍ DESKY SPODNÍHO DÍLU NÁSTROJE

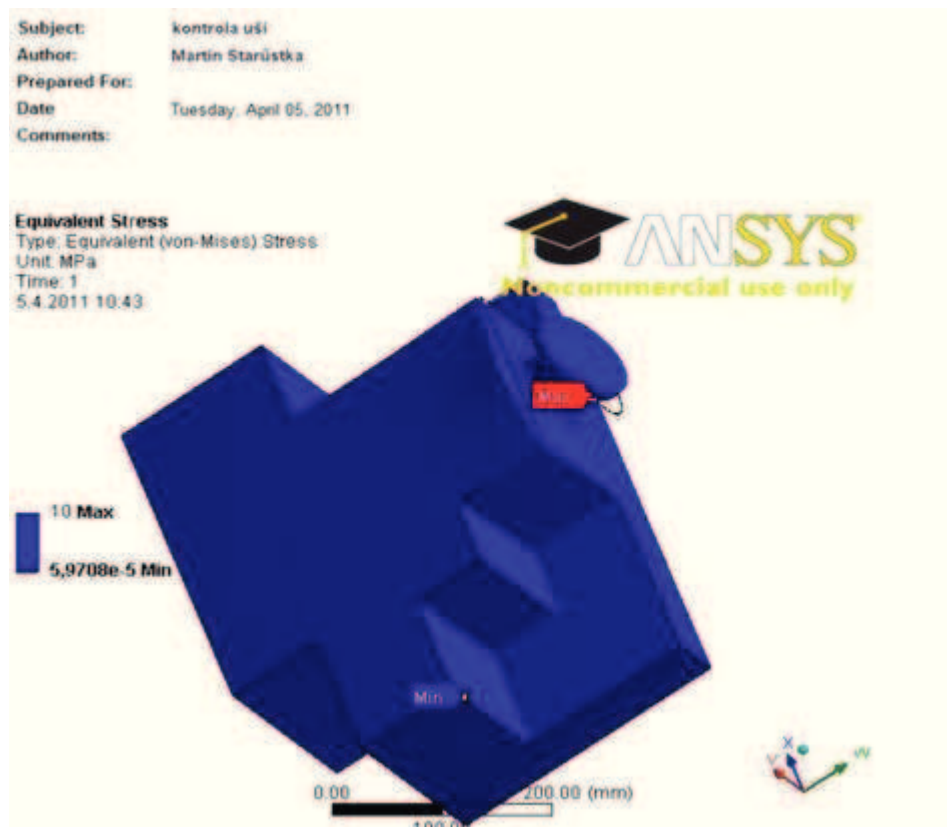
Uši sloužící pro přepravu jsou součástí základní desky, tedy jsou vyrobeny jako odlitek z šedé litiny. Rozměry a tvar uší jsou popsány v řadě norem (GM, Daimler, BMW), kde se vyhledávají podle hmotnosti nástroje.

Kontrolu uší mého nástroje jsem provedl pomocí metody konečných prvků v programu ANSYS Workbench. Koncentrace napětí v namáhaných oblastech se v programu projevuje změnou barvy v rozmezí od modré barvy (málo namáhané), přes žlutou až po červenou barvu (hodně namáhané).

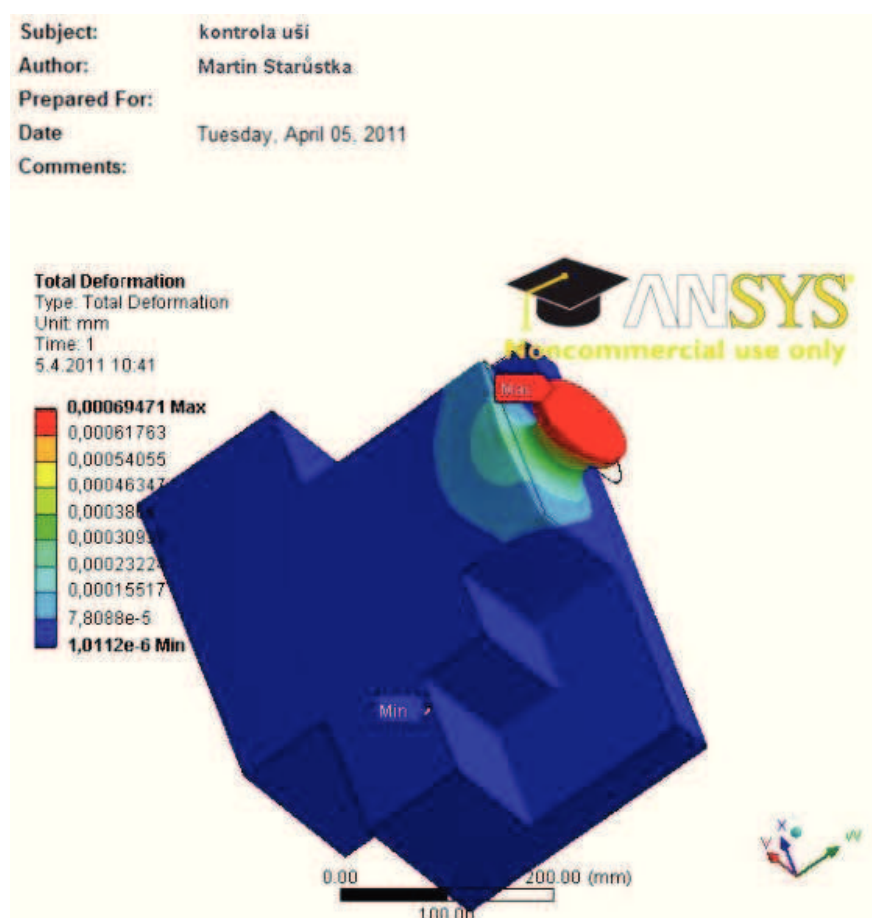
Po konzultaci s vyučujícím programu ANSYS Workbench, jsem sílu předimenzoval a nástroj rozdělil na čtyři stejné díly, i když zatížení není úplně symetrické. Tímto jsem zjednodušil postup výpočtu jak programu, tak i sám sobě.



Obr. 19 – Součást s vytvořenou sítí konečných prvků



Obr. 20 – Maximální napětí (equivalent stress) < 10 MPa



Obr. 21 – Celková deformace (total deformation) < 0,0006947 mm

## 6. ZÁVĚR

Hlavní cíl práce je obsažen v názvu samotné práce, navrhnout opravu poškozeného a opotřebovaného nástroje sloužícího k výrobě polotovaru pro transferovou linku vyrábějící součást polohovače volantů pro automobilku Fiat.

Hlavní změnou je úprava nástřihového plánu, podle něhož jsem navrhl úpravu nástroje. Jde o zmenšení šířky polotovaru a tím i snížení vzdálenosti mezi první a druhou operací o 14mm, což má za následek úsporu materiálu činící cca 500 000 Kč ročně.

Změna nástřihového plánu spočívala v úpravě tvaru a rozměrů vyráběné součásti. Vzhledem k technologickým problémům v dalších operacích, kdy docházelo k nedodržení tolerovaných rozměrů u vybraní lisovaném v prvním kroku, bylo rozhodnuto o jednoduché změně tvaru střížníků prvního kroku nástroje, které uvedený problém odstraňuje.

Při nepozornosti obsluhy lisu došlo k poškození přidržovací desky, která ani přes pokusy o opravu již nesplňovala požadavky funkce, a proto bylo nutné navrhnout novou přidržovací desku.

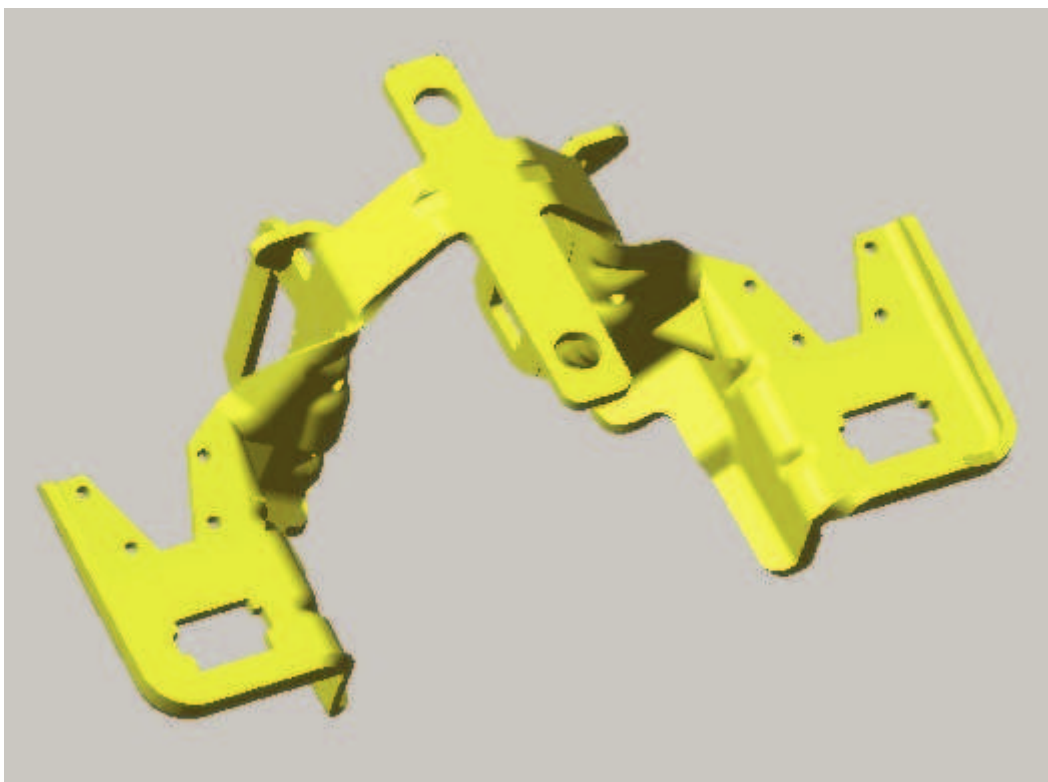
Pro zhotovení upraveného nástroje je nutné vyrobit nové komponenty, které jsem navrhoval tak, aby se tvarově a rozměrově přizpůsobily původní základové desce a aby byly využity původní přesné otvory a otvory se závitem pro upínání a ustavování jednotlivých prvků. Mezi nově navržené komponenty patří tvarové střížníky pro obě operace, jednotlivé díly střížnic, dorazy, podložky pod střížníky, kotvení desky a přidržovací deska.

Pro vytvoření 3D modelu jsem byl proškolen konstruktéry firmy CIE Automotive a.s. v programu NX Unigraphics, který je ve společnosti používán. Vycházel jsem z původního modelu, který jsem si upravil, vytvořil nové prvky a složil upravený nástroj pro výrobu polotovaru pro transferovou linku.

Pro kontrolu jsem dělal několik výpočtů parametrů pro konstrukci a výrobu např. kontrolu, zda střížná síla potřebná k prostřížení plechu nepřesahuje možnosti lisu, kontrolu šroubů přidržovače, výpočet střížní práce, výpočet stírací síly, kontrolu uší základní desky spodního dílu metodou MKP atd. Navržené tvarové střížníky i normalizované střížníky jsem kontroloval pevnostním výpočtem, z něhož vyplývá, že

navržené tepelně upravené střížníky bezpečně vyhovují pevnostním podmínkám. Pro zvýšení trvanlivosti střížníků a střížnic jsem navrhl chemicko-tepelnou úpravu. Dále jsem kontroloval šrouby přidržovače, na které působí síla normalizovaných plynových pružin.

Vypracováním této bakalářské práce jsem si rozšířil teoretické znalosti a hlavně praktické hledisko v oboru tváření plechu za studena. Dozvěděl jsem se rozdíl mezi lisováním pomocí jednoduchých nástrojů, postupových nástrojů a transferových nástrojů. Seznámil jsem se s rozdílností lisovací techniky pro jednotlivé druhy lisovacích nástrojů. Obor tváření se mi velice zalíbil a doufám, že získané znalosti budu v budoucnu schopen využívat a získám mnohonásobek zkušeností a znalostí nových.



Obr. 22 – Konečný výrobek transferové linky



## 7. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] OEHLER; KAISER. *Schnitt-, Stanz- und Ziehwerkzeuge*. 7. Auflage. Berlin : Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1993. 716 s. ISBN 3-540-56700-3.
- [2] ŘASA, Jaroslav; HANĚK, Václav; KAFKA, Jindřich. *Strojírenská technologie 4 : Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel*. Praha 6 : Scientia, spol. s.r.o., 2003. 505 s. ISBN 80-7183-284-7.
- [3] DOBROVOLNÝ, Bohumil. *Konstrukce nástrojů pro lis*. Praha : Josef Hokr, 1942. 784 s.
- [4] DVOŘÁK, Milan; GAJDOŠ, František; ŽÁK, Ladislav. *Technologie tváření : Návod do cvičení*. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2005. 103 s. ISBN 80-214-2881-3.
- [5] DVOŘÁK, Milan; GAJDOŠ, František; NOVOTNÝ, Karel. *Technologie tváření : Plošné a objemové tváření*. Brno : AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.
- [6] NOVOTNÝ, Karel. *Nástroje a přípravky, část 1 - tváření*. 1. vyd. Praha : SNTL, 1985. 179 s.
- [7] DVOŘÁK, Milan; MAREČKOVÁ, Michaela. *Technologie tváření : Studijní opory pro kombinované studium I. stupeň, 2. ročník* [online]. Brno : VUT Brno, 2006 [cit.2011-03-19]. Dostupné z WWW: <[http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory\\_soubory/technologie\\_tvareni/index.htm](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_tvareni/index.htm)>.
- [8] KEJVAL, Zdeněk. *Tváření plechu IV*. Praha : Státní nakladatelství technické literatury, 1962. 136 s.
- [9] Bobčík L. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. 1. vyd. Praha: SNTL 1983 216s 04-229-8.
- [10] Leinveber, J., Vávra, P. *Strojnické tabulky*. 2. vyd. doplněné. Praha: Albra, 2005. 907 s. ISBN 80-7361-011-6.



## 8. SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1 – Vyráběný polotovar
- Obr. 2 – Fáze stříhání
- Obr. 3 – Stříhání
- Obr. 4 – Operace ohýbání
- Obr. 5 – Operace tažení
- Obr. 6 – Nedělený střižník
- Obr. 7 – Dělený střižník
- Obr. 8 – Způsoby upevnění střižníku
- Obr. 9 – Vodící lišty
- Obr. 10 – Úspora materiálu
- Obr. 11 – lis FAGOR 1500T
- Obr. 12 – Původní nástřihový plán
- Obr. 13 – Upravený nástřihový plán
- Obr. 14 – Střižník pro hledáčky
- Obr. 15 – Střižník pro oválné otvory
- Obr. 16 – Tvarový střižník 1
- Obr. 17 – Tvarový střižník 2
- Obr. 18 – Zatížení šroubu
- Obr. 19 – Součást s vytvořenou sítí konečných prvků
- Obr. 20 – Maximální napětí (equivalent stress) < 10 MPa
- Obr. 21 – Celková deformace (total deformation) < 0,0006947 mm
- Obr. 22 – Konečný výrobek transferové linky

## 9. SEZNAM TABULEK

- Tab. 1 – Hodnoty součinitele stírání  $c_1$  [9]
- Tab. 2 – Hodnoty součinitele protlačování  $c_2$  [9]
- Tab. 3 – Součinitel hloubky vtlačení do materiálu [9]

## 10. SEZNAM PŘÍLOH

### Příloha

- č. 1 Tabulka materiálu – BECKER\_Stahl-Service
- č. 2 3D model navrženého nástroje
- č. 3 Technická data lisu
- č. 4 Sestavný výkres – Lisovací nástroj, sb3kss-BP-S
- č. 5 Výrobní výkres – Střížník, sb3kss-BP-016

# Delivery Programme



## 1 Hot rolled sheet and strip

### Grades and properties

#### Hot-rolled grades

continuous hot rolled mild steel strip and sheet for cold forming, DIN 10111

Designation to		Mechanical properties					Chemical composition			
EN 10111 Material No.	EN 10027-2	$R_e$ [N/mm <sup>2</sup> ]		$R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$A_{50}$ min. [%]		C [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
		1,5 ≤ e < 2	2 ≤ e ≤ 8	max.	1,5 ≤ e < 2	2 ≤ e < 3	max.	max.	max.	max.
DD11	1.0332	170 to 360	170 to 340	440	23	24	0.12	0.60	0.045	0.045
DD12	1.0398	170 to 340	170 to 320	420	25	26	0.10	0.45	0.035	0.035
DD13	1.0335	170 to 330	170 to 310	400	26	29	0.08	0.40	0.030	0.030
DD14	1.0389	170 to 310	170 to 290	380	31	32	0.08	0.35	0.025	0.025

1. Hot rolled sheet and strip
2. Cold rolled sheet
3. Hot-dip galvanised sheet
4. Electrolytic zinc coated sheet
5. Hot aluminised sheet

limitations, parameters for testing and exceptional arrangements are to be taken from the pertinent standard. In doubt the technical standards apply.

#### Hot-rolled grades

hot rolled high yield strength steels for cold forming, DIN EN 10149 Part 1 - Part 2

Designation to			Mechanical properties				Chemical composition								
EN 10149	EN 10027-2 Material No.	SEW 092	$R_e$	$R_m$	$A_{50}$ min.		C	Mn	Si	P	S	Al	Nb	V	Ti
			[N/mm <sup>2</sup> ] min.	[N/mm <sup>2</sup> ]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
					< 3	± 3	max.	max.	max.	max.	max.	min.	max.	max.	max.
					$L_0=80$ mm	$L_0=5.65\sqrt{S_0}$									
S 315 MC	1.0972	—	315	390 to 510	20	24	0.12	1.3	0.5	0.025	0.02	0.015	0.09	0.2	0.15
—	1.0974	QSE 340 TM	340	420 to 540	19	23	0.12	1.3	0.5	0.03	0.03	0.015	0.09	—	0.22
S 355 MC	1.0976	—	355	430 to 550	19	23	0.12	1.5	0.5	0.025	0.02	0.015	0.09	0.2	0.15
—	1.0978	QSE 380 TM	380	450 to 590	18	21	0.12	1.4	0.5	0.03	0.03	0.015	0.09	—	0.22
S 420 MC	1.0980	QSE 420 TM	420	480 to 620	16	19	0.12	1.6	0.5	0.025	0.015	0.015	0.09	0.2	0.15
S 460 MC	1.0982	QSE 460 TM	460	520 to 670	14	17	0.12	1.6	0.5	0.025	0.015	0.015	0.09	0.2	0.15
S 500 MC	1.0984	QSE 500 TM	500	550 to 700	12	14	0.12	1.7	0.5	0.025	0.015	0.015	0.09	0.2	0.15

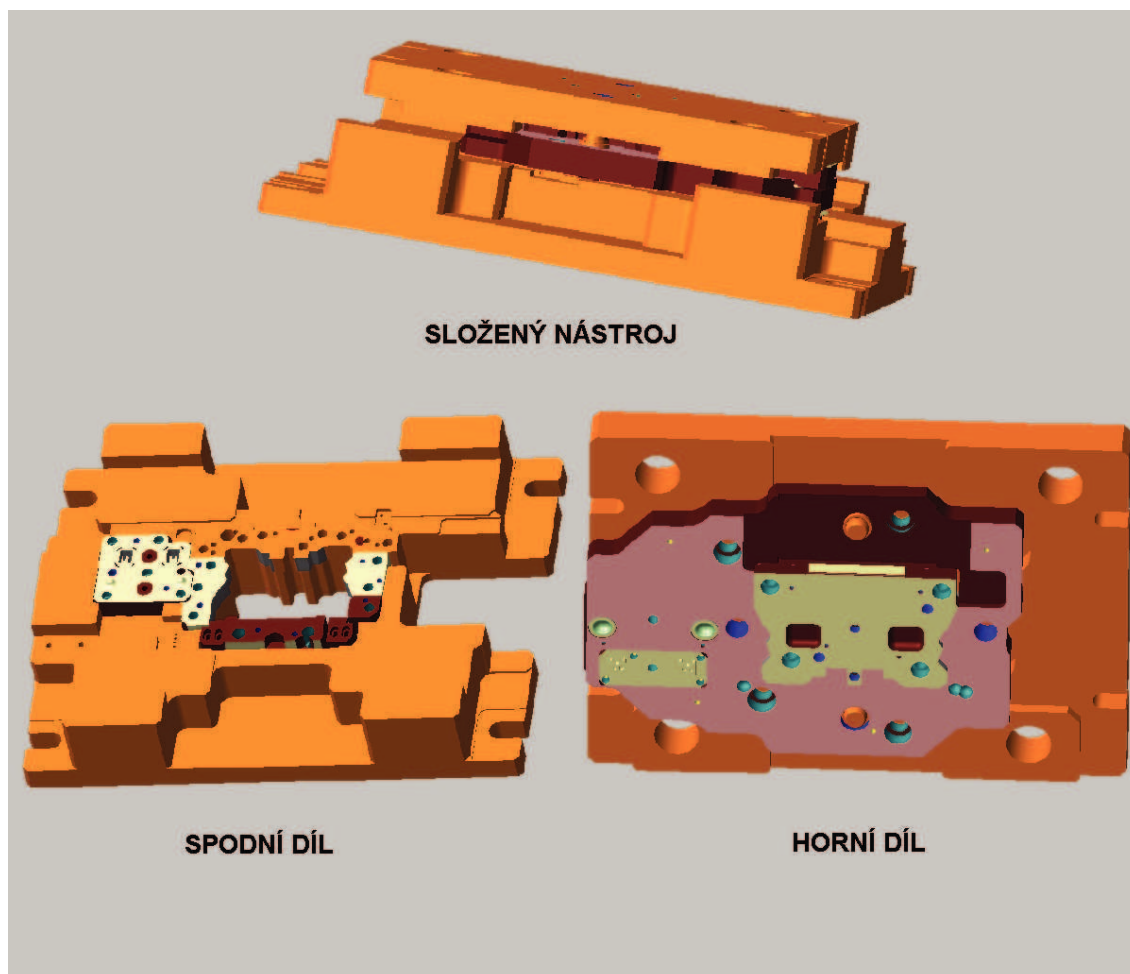
Other grades and delivered sizes available on request

#### Structural steels


hot rolled unalloyed structural steels, DIN EN 10025

Designation to		Mechanical properties				Chemical composition					
EN 10025	EN 10027-2 Material No.	$R_e$ [N/mm <sup>2</sup> ] min.	$R_m$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$A_{50}$ min. [%]		C [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]	N [%]	Cu [%]
			< 3	± 3	depending on thickness	max.	max.	max.	max.	max.	max.
S 185	1.0035	185	310 to 540	290 to 510	10 to 18	—	—	—	—	—	—
S 235 JR	1.0038	235	360 to 510	360 to 510	17 to 26	0.17	1.4	0.035	0.035	0.012	0.55
S 275 JR	1.0044	275	430 to 580	410 to 560	15 to 23	0.21	1.5	0.035	0.035	0.012	0.55
S 355 JR	1.0045	355	510 to 680	470 to 630	14 to 22	0.24	1.6	0.035	0.035	0.012	0.55

Other grades and groups available on request





TECHNICKÉ DATA LISU	FAGOR 1500	VYPRACOVAL PODPIS	R. Roubal	
<p><b>HLAVNÍ LIS:</b></p> <p>Nominální síla na 12mm  Rozměry pohyblivé desky  Rozměry vozíku  Zdvíh  Počet zdvíchů za minutu v automatu  Počet zdvíchů za minutu v ručním chodu  Maximální sevření  Přestavitelnost  Výška stolu (nad podlahou)  Vlnný otvor mezi sběrači  Otevírání na každém bočním stojanu</p> <p><b>Vedlejší lis:</b></p> <p>Nominální síla na 4,7 mm  Stálý zdvích  Zavřená výška  Přestavitelnost  Rozměry stolu  Rozměry vozíku  Šířka bočních okýnek</p> <p><b>Technické data podávací linky:</b>  Maximální šířka pásu pro cik-cak  Maximální tloušťka pásu  Maximální vnější Ø svitku  Maximální hmotnost svitku  Průměr trnu regulovatelný  Maximální rychlost</p>	<p>15000 kN  6500x2200 mm  6500x2200 mm  500 mm  8-30 Z/ min.  5 Z/ min.  1100 mm  250 mm  550 mm  6570 mm  2700 mm</p> <p>2500 kN  100 mm  300 mm  80 mm  2500x2000 mm  1600x1200 mm  2700 mm</p> <p>1000 mm(propad je ale poloviční)  0,5-4 mm  1500 mm  8000 kg  450-550 mm  20 m/min</p>			